DIE UNPHYSIOLOGISCHE UMWELT FRÜHGEBORENER

Sind zusätzliche sensorische Stimulationen angebracht?

Norbert Ketteler

1986

AUS DER HAUNERSCHEN KINDERKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Prof. Dr. med. H.B. Hadorn

DIE UNPHYSIOLOGISCHE UMWELT FRÜHGEBORENER. SIND ZUSÄTZLICHE SENSORISCHE STIMULATIONEN ANGEBRACHT ?

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von
Norbert Ketteler
aus
Bottrop
1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.K.Riegel
Mitberichterstatter: Prof.Dr.H.-B.Hadorn
Dekan: Prof.Dr.W.Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 03.06.1986

Gewidmet

meinen lieben Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. Einleitung und Fragestellung 5

2. Literaturübersicht

2.1. Das postpartuale Milieu Frühgeborener 7
2.2. Stimulationsstudien 11

3. Eigene Beobachtungen

3.1. Geräuschpegel im Intensivpflegeraum und im Inkubator 16
3.2. Häufigkeit und Art der " Manipulationen " 17
3.3. Verhaltensbeobachtungen 18

3.3.1. Prechtl-Schema 19
3.3.2. Untersucher-Übereinstimmung 20
3.3.3. Untersuchungen zur Datendarstellung und Datenauswertung 21

3.4. Diskussion der Ergebnisse 22

4. Empfehlungen für weitere Studien 23

4.1. Offene Fragen zu den ergänzenden sensorischen Stimulationen 24
4.2. Prüfung des Effekts von Milieuänderungen 25
4.3. Untersuchungsplanung 27

5. Zusammenfassung 28

6. Literaturverzeichnis 29

7. Anhang

7.1. Abbildungen und Tabellen 36
7.2. Lebenslauf 49

1. Einleitung und Fragestellung

Die Frage, ob Frühgeborene zu wenig, zu viel oder nur unzeitig falschen, aber unvermeidlichen externen Reizen ausgesetzt sind, ist bisher nicht entschieden. Man beschäftigt sich mit solchen Fragen erst, seitdem man mit den Techniken der modernen Intensivpflege umzugehen gelernt hat, d.h. seit etwa zehn Jahren (Riegel (42)). Feststeht, daß Frühgeborene - per definitionem vor Ablauf von 259 Tagen = 37 Wochen post menstruationem geboren - auf eine natürliche vorgegebene Zeit im intrauterinen Milieu verzichten müssen, und daß die vorverlegte Anpassung an extrauterine Bedingungen für alle Organsysteme mehr Probleme beeinhaltet als für Ausgetragene, und daß ferner das Inkubator-/Klinikmilieu unnatürlicher ist als das am Termin eigentlich zu erwartende. Außerdem steht fest, daß sich immature Frühgeborene, zumindest zeitweise, in diesem Milieu anders als intrauterin entwickeln und daß einige Anpassungsprozesse, wie z.B. ein nachhinkendes somatisches Wachsen (u.a. Lalama (27)) oder kardiorespiratorische Maladaptationen (u.a. Kierer (22)) die Dauer des Klinikaufenthaltes maßgeblich beeinflußen. Es ist also durchaus angebracht, darüber nachzudenken, ob oder wie etwas an den Umgebungsbedingungen geändert werden kann.
Im Inkubator-Milieu versucht man einige Bedingungen der vorzeitig verlassenen Umgebung nachzuahmen (Temperaturkonstanz, bedingte Abgeschlossenheit, kontinuierliche Flüssigkeits- und Kalorienzufuhr über Infusionen). Einige andere bleiben unberücksichtigt (Dunkelheit, freizügige Bewegungen, häufiger Lagewechsel, spezifische Geräusche). Andere wiederum werden unzeitig geboten (ständig helles Licht, Temperaturschwankungen, eintönige Maschinengeräusche, häufige und kurze, nicht selten schmerzhafte Manipulationen).
Die Frage, ob Umwelt von Frühgeborenen " wahrgenommen " werden kann, wird jeder schon nach flüchtiger Beobachtung bejahen. Es ist nicht zu bezweifeln, daß in dem Entwicklungsalter, das Überlebensfähigkeit bedeutet - etwa ab 24 Wochen Tragzeit - alle sensorischen Systeme, wohl auf unterschiedlichem Differenzierungsniveau, zur Reizaufnahme fähig sind, sofern die Reizschwelle nicht durch Krankheit oder Medikamente zu hoch und/oder der Reiz kräftig genug ist. Es gibt allerdings bisher kaum Informationen darüber, welchen Stellenwert die üblichen Pflege- und Umweltbedingungen für die weitere Entwicklung Frühgeborener haben.

Ich erhielt die Aufgabe :

1. die einschlägige Literatur, insbesondere zur ergänzenden sensorischen Stimulation, zu sichten,
2. an Beobachtungen auf der Station teilzunehmen,
3. nach Möglichkeit anhand der Literaturrecherchen bzw. Beobachtungen zu einer Empfehlung zu kommen, auf welchem Gebiet die äußeren Bedingungen auf einer Intensivpflegestation für Neugeborene geändert werden sollten und anhand welcher Kriterien der Effekt der Änderungen gemessen werden kann.

2. Literaturübersicht

2.1. Das postpartuale Milieu Frühgeborener

Wie bereits dargestellt, weicht die extrauterine Umgebung für Frühgeborene in vielen Punkten von der intrauterinen ab. Daß die neue Umgebung Kontakt mit Mikroorganismen beeinhaltet und die "Lebensschwäche " oft lebenserhaltende Maßnahmen erfordert, soll in diesem Zusammenhang nur insofern angesprochen werden, als die damit verbundenen Probleme den Blick auf die übrigen Milieubedingungen lange Zeit versperrt haben.
Frühgeborene werden in einen Inkubator gelegt. Gleiss (15) stellt im Jahre 1971 folgende " strengen Anforderungen " an dieses Gerät:

a) Es müssen Sicherheitsvorrichtungen gegen Überwärmung, Auskühlung, Austrocknung, Stromausfall und Sauerstoffüberdosierung vorhanden sein.
b) Das Material und die technische Ausrüstung müssen für den Dauergebrauch geeignet sein.
c) Gute Luftzirkulation ist sicherzustellen.
d) Die Temperatur muß zwischen 28 und 35 Grad Celsius eingestellt und innerhalb enger Grenzen (etwa plus/minus 1 Grad Celsius) konstant gehalten werden können.
e) Die relative Luftfeuchtigkeit muß zwischen 65 und 100 % einstellbar sein.
f) Der Sauerstoffzufluß muß auch bei kleinen Mengen regulierbar sein.

Für die Pflege des Kindes sind folgende Bedingungen unerläßlich:

a) Es ist für gute Sicht von allen Seiten zu sorgen.
b) Alle Durchgriffsöffnungen müssen so liegen, daß das Kind gut erreichbar ist.
c) Liegewanne und Haube müssen in der richtigen Arbeitshöhe liegen.
d) Die Liegewanne muß um die Querachse drehbar sein.
e) Alle Teile des Inkubators müssen desinfizierbar und sterilisierbar sein.
f) Die Überwachung des Gerätes muß einfach und leicht erlernbar sein.

Die Vorteile des Inkubators werden wie folgt beschrieben:

a) Eine nennenswerte Zeitersparnis bei der Pflege.
b) Die Möglichkeit der ständigen Beobachtung der Kinder.
c) Bewegungsfreiheit der Kinder zur Erleichterung der Atmung und des Kreislaufs.
d) Weitgehender Schutz vor aerogenen Infektionen.
e) Anfeuchtung des Luftsauerstoffgemisches.

Als Gefahren werden genannt:

a) Unterschätzung der technischen Störungsmöglichkeiten.
b) Mangelhafte Wartung und Pflege.
c) Ungenügende Kenntnis der Reaktion des Kindes auf die physikalischen, insbesondere thermischen und chemischen Änderungen der Umweltbedingungen durch den Inkubator.

Es fällt auf, daß von den " Bedürfnissen " des Kindes nur die Temperaturstabilität und die Bewegungsfreiheit erwähnt werden. Die Temperaturregelung " innerhalb enger Grenzen " von plus/minus 1 Grad Celsius hat sich als viel zu grob erwiesen. Die damit verbundenen Temperaturschwankungen können sogar Apnoeanfälle provozieren (Literatur bei Kierer (22)). Inzwischen sind die Inkubatoren mit " stufenloser " Regulierung ausgestattet. Dennoch sind Änderungen beim Öffnen nahezu unvermeidlich, d.h. die Wärmehomöostase Frühgeborener ist nach wie vor nicht optimal.
Bewegungsfreiheit ist für Frühgeborene oft nur bedingt gegeben, nämlich erst dann, wenn lebenserhaltende Maßnahmen über Tuben und Schläuche abgesetzt werden können. Außerdem wirkt sich die Schwerkraft aus.
Zwei anderen Aspekten, dem Geräuschumfeld und der " taktilen Erfahrung " hat Newman (32) eine anthropologische Betrachtung gewidmet.
Danach herrscht in jedem Inkubator ein ständiges Grundgeräusch vor. Von den außerhalb des Inkubators entstandenen Geräuschen werden vor allem die von Menschen verursachten Geräusche durch das Grundgeräusch abgeschwächt; die auf technische Ursachen zurückzuführenden Geräusche werden dagegen verstärkt.

Frühgeborene reagieren auf plötzliche und laute Geräusche in der ersten Lebenswoche klar erkennbar mit Zusammenfahren und/oder ruckartigem Aufschrecken, was bei Vermeidbarkeit der Geräusche einen beachtlichen unnötigen Energieaufwand der Kinder verursachen dürfte. Das kann in einem solchen Ausmaß geschehen, daß dadurch die klinische Situation der Kinder in der ersten Lebenswoche geprägt wird. In der zweiten Woche werden diese Reaktionen zunehmend schwächer. Ab der dritten Woche ist die Empfindlichkeit bereits so sehr abgeschwächt, daß eine weitgehende Homöostase und Gewöhnung unterstellt werden kann.
Hördefekte durch das Grundgeräusch des Inkubators sind ziemlich ausgeschlossen (Schulte und Stennert (47)). Douek et al (7) halten jedoch nach Tierversuchen eine Störung der Cochleaentwicklung für möglich, was sich auf die Ausbildung der kognitiven Fähigkeiten auswirken kann.

Bei den taktilen Erfahrungen beschreibt Newman (32) sowohl vom Kind selbst verursachte und es allein betreffende, als auch exogene Erfahrungen, d.h. solche, die durch die Beteiligung von Menschen herbeigeführt werden.
Erstgenannte können unbeabsichtigt, zufällig oder vom Kind "gewollt " sein. In der ersten Lebenswoche handelt es sich überwiegend um unbeabsichtigte Berührungen. Erst danach treten allmählich zunehmend die " gewollten " auf.
Die exogenen Erfahrungen werden zwar auch durch Berührungen zwischen Kind und Eltern herbeigeführt, aber in stärkerem Maße durch Pflegepersonal und Ärzte.

Bedingt ist dieses

1. durch Routinepflege - definiert als nicht invasives Vorgehen - wozu z.B. die Reinigung des Inkubators und das Wechseln der Windeln gehören,
2. durch belästigende Maßnahmen z.B. Temperaturmessung und Füttern, worauf die Kinder abwehrend reagieren,
3. durch schmerzhafte Maßnahmen. Diese sind charakterisiert durch Invasivität, wie z.B. Blutabnahmen, Intubationen und Lumbalpunktionen. Hierauf reagiert das Kind generell mit Abwehr und Weinen.

Gabriel et al (12) haben zeigen können, daß in der Intensität differierende Pflegepläne den Schlaf-Wach-Rhythmus Frühgeborener signifikant beeinflußen. Durch hohe " Aktivität " induzierter Schlafmangel beeinflußt das Gedeihen negativ. Bessere Koordination der Pflegemaßnahmen, so lautet die Forderung, sei dringend anzustreben.

Frühgeborene sind üblicherweise über 24 Stunden hellem Licht ausgesetzt. Glass et al (14) haben herausgefunden, daß dies mit einer erhöhten Inzidenz einer Frühgeborenenretinopathie verbunden ist, die im ungünstigsten Fall Blindheit verursacht. Visusanomalien sind bei ehedem Frühgeborenen häufig. Man kann nicht ausschließen, daß unzeitige Lichtexposition das sich noch entwickelnde Auge ungünstig beeinflußt. Lawson und Turkewitz (29) haben beobachtet, daß helles Licht Frühgeborene daran hindert, die Lider zu öffnen. Die Autoren halten es für möglich, daß dies die kognitive Entwickung mindern beeinflußt.

Zusammenfassend kann gesagt werden : Das Milieu Frühgeborener ist unphysiologisch. Die einzelnen sensorischen Reize sind einerseits überschießend, andererseits mangelhaft. Dieses Ungleichgewicht kann umso mehr bedeutsam sein, je länger es anhält. Man möchte daraus schließen, daß ein Zuviel reduziert und ein Zuwenig substituiert gehört, vor allem bei immatur geborenen Kindern (>28 Wochen Tragzeit), die lange in der Klinik sind und bei denen später Entwicklungsstörungen häufig gefunden werden.

2.2. Stimulationsstudien

Die Arbeiten, die sich mit den Auswirkungen gezielter Stimulation von Frühgeborenen beschäftigen, sind, gegliedert nach Stimulationsarten, in Tabelle 1 (S.36-38) zusammengestellt. Bereits nach kurzer Durchsicht fällt auf, daß sich die einschlägigen Studien in fast allen Parametern unterscheiden, nicht nur in der Stimulationsart, sondern auch in deren Dauer, Umfang und Periodizität. Die Kinder haben unterschiedliche Gestations- und Postnatalalter sowie Geburtsgewichte. Einige Untersucher haben sogar von vornherein Kinder mit medizinischen Komplikationen oder neurologischen Defekten von ihren Untersuchungen ausgeschlossen. Man kann annehmen, daß die " übrige " medizinische und pflegerische Betreuung erheblich variiert (dies ist den Arbeiten in der Regel nicht zu entnehmen).
In diesem Zusammenhang sind die Beobachtungen von Lawson et al (28) von besonderem Interesse. Sie schildern die Umgebung und die Häufigkeit des Hantierens bei der intensiven und bei der minimalen Pflege : mit Kindern auf Intensivpflegestationen ist wesentlich länger hantiert worden - bis zu einem Fünftel der Beobachtungszeit - und die Lautstärke war wesentlich höher (88 dB) als auf " Normalstationen ", wo die Lautstärke durchschnittlich 68 dB betrug.
Diese Ergebnisse dürfen freilich nicht verallgemeinert werden. Art und Häufigkeit der " Störungen " hängen nämlich sowohl vom Zustand des Kindes (mehr oder weniger krank, Alter, ruhig oder unruhig, usw.) als auch von der Aktivität des Pflegepersonals und der Eltern ab.

Einige Autoren haben vergleichende Kontrollen durchgeführt, andere zufällige Kontrollgruppen gebildet. Die Erfolgskriterien sind nicht einheitlich. Beobachtet wurden aktuelle Einflüsse auf " Befinden " wie Herzschlagmuster, Atmungsverhalten, Wach-Schlaf-Rhythmen, Nahrungsaufnahme, mittelfristige Auswirkungen auf Wachsen und Gedeihen, auf die Dauer des Klinikaufenthaltes, auf die Wachzustandsorganisation, sowie längerfristige Effekte auf die Entwicklung der Statomotorik, der visuellen Orientierung und geistiger Leistungen. Die meisten Autoren berichten günstige Effekte, wenngleich nur für die eine oder andere " Zielgröße ".

Beispielhaft sollen einige Arbeiten beschrieben werden :

Katz (21) stimulierte fünf Tage nach der Geburt 62 Frühgeborene mit einem Gestationsalter von mindestens 32 Wochen über einen Zeitraum von vier bis sechs Wochen. Er benutzte die von der Mutter auf ein Tonband aufgenommene Stimme, die er den Kindern sechsmal fünf Minuten im zweistündlichen Intervall vorspielte. Er stellte eine beschleunigte Reifung (Graham-Rosenblith-Score) bezüglich der motorisch-taktilen Fähigkeiten, der Hör- und Sehfunktionen sowie des Muskeltonus fest.

Field et al (8) untersuchten 40 Frühgeborene mit einem Geburtsgewicht von weniger als 1800 g und einem Gestationsalter von 30 - 34 Wochen. Der Stimulus war ein nichtnutritives Saugen. Es stellte sich im Vergleich zu nicht stimulierten Frühgeborenen eine stärkere Gewichtszunahme, eine beschleunigte neurologische Reifung (Brazelton (4)) sowie eine Abnahme des notwendigen Sondierens heraus. Außerdem nahm die Zahl der medizinischen Komplikationen ab, und die Dauer des Klinikaufenthaltes verkürzte sich.

Korner et al (23) lagerten 21 Frühgeborene mit einem Gestationsalter von 28 - 34 Wochen vom 6. bis zum 13. Tag nach der Geburt auf einer Schaukelmatratze. Als Ergebnis sahen sie zwar gegenüber einer Kontrollgruppe eine gleich starke Gewichtszunahme und die gleiche Häufigkeit von Erbrechen, die Zahl der Apnoen nahm jedoch ab.

Bei 15 Frühgeborenen im Gestationsalter von 28 - 32 Wochen wandte Barnard (2) ein multimodales Stimulationsprogramm an. Über einen Zeitraum von 14 Tagen spielte er den Frühgeborenen 15 Minuten/Stunde bei gleichzeitigem Schaukeln den Herzschlag der Mutter vor. Dabei beobachtete er, daß die Kinder mehr und länger ruhig schliefen sowie stärker an Gewicht zunahmen. Außerdem erschien die Reifung (nach Dubowitz) beschleunigt.

Bei zurückhaltender Bewertung aller Stimulationsstudien sind folgende Schlüsse zulässig :

Stimulationsprogramme stabilisieren den Zustand Frühgeborener. Das zeigt sich in einer stärkeren Gewichtszunahme (allerdings eher begrenzt auf den Klinikaufenthalt, der damit jedoch verkürzt wird). Außerdem gibt es weniger Atmungsprobleme, insbesondere schwere Apnoeanfälle (was die Verweildauer ebenfalls verkürzt). Studien, welche die weitere Entwicklung der Kinder berücksichtigen, deuten eine Förderung an.

Touwen (51) betrachtet als Entwicklungsneurologe diese Studien jedoch skeptisch. Er stützt sich vor allem auf Beobachtungen an ausgetragenen Säuglingen und auf Tierexperimente.
Er verweist auf die Schwierigkeiten bei der Interpretation der Ergebnisse der Langzeitwirkungen; denn diese beinhalten bekanntlich Effekte der Umgebung und der elterlichen Zuwendung.
Die angebliche Beschleunigung der Entwicklung ist seines Erachtens wegen der wachsenden Komplexität der sich entwickelnden motorischen Leistungen außerdem vorsichtig zu bewerten.

Tierstudien ergaben folgendes:

Welche Effekte Umgebungsfaktoren auf die Gehirnmorphologie haben, hängt von der Art der Einflüsse, dem Alter des Tieres, vom untersuchten Hirnareal und von der Spezies ab. Dabei sind Rindenareale anscheinend empfindlicher als subkortikale Regionen (Cummins (6)), und die visuelle Rinde reagiert sensibler als die motorische (Rosenzweig (44)).
Auf morphologische Veränderungen reagieren Gehirne von Tierkindern sensibler als die von erwachsenen Tieren, wobei die letzteren ihre Empfindlichkeit noch nicht ganz verloren haben (Creutzfeld (5)).
Umgebungseinflüsse können sensorischer und/oder motorischer Natur sein. Selbstproduzierte Bewegung erhöht die Effekte der visuellen Stimulation auf den visuellen Kortex. Visuelle Deprivation führt zu sensorischen " Unfähigkeiten " (Glass (13)). Daraus ergeben sich Defizite bei den intrakortikalen Verbindungen zwischen visuellen und motorischen Arealen.
Gottlieb (16) glaubt, daß bei der determinierten Entwicklung die Funktion die strukturelle Reifung bestimmt. Bei der nicht-determinierten Entwicklung beeinflußen nach seiner Meinung sensorische Stimulation und motorische Aktivität die strukturelle Reifung.
Nach Ansicht von Jacobson (20) und Lund (30) herrschen in frühen Reifungsstadien angeborene Faktoren, dagegen in späteren Stadien Umgebungsfaktoren vor.
Jacobson (20) meint zudem, daß die variablen und nicht variablen Komponenten der neuronalen Entwicklung in einem artspezifischen Verhältnis zueinander stehen.
Vermutlich dürften jedoch die Umgebungseinflüsse durch einen genetisch bedingten " Höchstgrenzeffekt " limitiert sein.

Es existieren Studien über spezielle Deprivationen und Stimulationen. Häufig wird hierbei die Entwicklung des visuellen Systems beobachtet. Barlow (1) hat nur das visuelle System stimuliert, während Blakemore (3) verschiedene Stimulationsformen angewendet hat. Beide haben einen generellen positiven Effekt auf das visuelle System gesehen. Parnavelas (37) hat nach der Stimulation von Ratten mit kontiniuerlichem Licht einen Effekt auf die Morphologie des visuellen Systems bemerkt.
Daraus ergibt sich, daß afferente Impulse für eine gute morphologische und funktionelle Reifung des Gehirns mit immer sichtbarer Spezifität essentiell sind. Dabei sind Qualität und Quantität der afferenten Impulse anscheinend entscheidend für die funktionelle und morphologische Vollständigkeit.
Sehr wichtig ist die motorische Aktivität, denn sie vergrößert den Effekt einer " angereicherten " Umgebung auf die Morphologie. Motorische Aktivität während der Entwicklung vergrößert den Dendritenbaum der Purkinjezellen bei Mäusen (Pysh (40)) und Affen (Floeter (10)).
Allgemein gilt: Eine Funktion ist für den sogenannten " finishing touch " während der Entwicklung des kindlichen Gehirns wichtig. Oppenheim (35) meint, daß es die Aufgabe der Funktionen bei der Neurogenese ist, dem Nervensystem innewohnende Fähigkeiten zu enthüllen.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Umgebungseinflüsse wirken auf die Reifung des Nervensystems. Negative Einflüsse, wie etwa die Deprivation, führen zu Störungen der normalen Entwicklung. Die Auswirkung positiver Einflüsse ist weniger klar: wenn ein gewisser Betrag an Umgebungsstimulation für eine gesunde Reifung wichtig ist, dann kann es sein, daß ein zu hoher Betrag negative Folgen hat. Es kann allerdings auch sein, daß die positiven Ergebnisse nicht durch die mit Stimuli " angereicherte " Umgebung, sondern durch die streng eingeschränkte Laboratoriumssituation bedingt sind. Auch muß mehr Zellwachstum nicht unbedingt bessere Funktionen zur Folge haben.
Es scheint so zu sein, daß Umgebungseinflüsse negative Effekte bewirken können, und daß die positiven Effekte durch ein genetisch bedingtes Maximum begrenzt sind.

Nach Touwen (51) kann man aus den Studien über ergänzende sensorische Stimulationen bezüglich der Langzeiteffekte folgende Schlüsse ziehen:

1. Der Effekt eines spezifischen Trainings ist auf die trainierte Funktion begrenzt und kaum generalisiert.

2. Es gibt einen komplexen Zusammenhang zwischen dem Stimulus, dem Hintergrund auf dem stimuliert wird und dem Effekt.

3. Es ist nicht feststellbar, ob die ergänzenden Stimulationen eine frühere funktionelle Verfügbarkeit eines schon vorhandenen neuralen Potentials bewirken oder ob die Entwicklung dieses Potentials beschleunigt wird.

Faßt man die Ergebnisse der Stimulationsversuche an ausgetragenen Säuglingen und an Versuchstieren zusammen, so scheint eine Förderung funktioneller Leistungen bei Gesunden unter normalen Umgebungsbedingungen praktisch ohne Wirkung zu sein. Das würde bedeuten, daß zusätzliche Stimulationen im wesentlichen nur für Frühgeborene in Betracht kommen und zwar in dem Lebensabschnitt, der eigentlich intrauterin zugebracht werden sollte.

3. Eigene Beobachtungen

3.1. Geräuschpegel im Intensivpflegeraum

Bei mehrtägigen Beobachtungen mit einem Geräuschpegelmesser (Sound Level Meter NM 3 Noris) haben sich Werte im Intensivpflegeraum zwischen 60 und 80 dB, mehrheitlich zwischen 65 und 70 dB ergeben.
Bemerkenswerterweise lagen die Geräuschpegel im Inkubator in dem selbem Bereich (55 - 80 dB).
Im einzelnen ergaben sich die in Tabelle (2) zusammengefaßten Befunde.*

* Die Daten verdanke ich Dr.M.Stecker, Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen- und Ohrenkranke der Universität München.

Tabelle (2) : Akustische Messungen am Inkubator

I Mikrophon am Kopfende innen	dB (A)
Ruhemessung (alle Geräte und Geräuschquellen ausgeschaltet)	30
Sprache direkt über dem Inkubator	60
Heizlüftung eingeschaltet	53
Monitor eingeschaltet	55
Sauerstoff-Alarm	58
Absaugung	70
Respirator	53

II Frequenzspezifische Messung innen - alle Geräte in Betrieb

Hz	31,5	53	125	250	500	1000	2000	4000	8000
dB SPL	58	57	64	54	50	46	35	32	30

III Schalldämmwirkung

Schallquelle in Richtung Fußende außen 58 dB (A) innen 52 dB (A)
Schallquelle in Richtung Kopfende außen 62 dB (A) innen 72 dB (A)

Das bedeutet, daß die Lärmbelästigung im Inkubator vor allem durch die Geräusche der Umgebung ohne wesentliche " Filterung " bestimmt wird.

3.2. Häufigkeit und Art von " Manipulationen "

Um festzustellen, wie oft täglich Frühgeborene auf unserer Intensivstation " gestört " werden, haben wir zwei Kinder während zweieinhalb Tagen jeweils von acht bis zwanzig Uhr bzw. acht bis vierzehn Uhr beobachtet und alle Vorkommnisse registriert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 (S.39) zusammengefaßt.
An den ersten beiden Beobachtungstagen zwischen acht und zwanzig Uhr wurde das Kind H.K. neunzehnmal bzw. achtzehnmal (das Kind M.J.zweiundzwanzigmal bzw. vierzehnmal) und am dritten Tag zwischen acht und vierzehn Uhr achtmal (das Kind M.J. elfmal) " gestört ". Insgesamt wurde also das Kind H.K. während unserer Beobachtungszeit von 30 Stunden fünfundvierzigmal und das Kind M.J. siebenundvierzigmal " gestört ". Das bedeutet durchschnittlich 1,5 bzw. 1,6 " Störungen " pro Stunde.

Welche Art von " Störungen " zu welchem Zeitpunkt ein Kind erlebte, ist am Beispiel des Kindes H.K. in Abbildung 1 (S.40) dargestellt.
Die sehr hoch erscheinende absolute Zahl der " Störungen " bedarf jedoch einer genaueren Betrachtung:

Es ist ein großer Unterschied, ob an einem Kind nur kurze Zeit und schmerzlos manipuliert wird, z.B. in Form von Umlagern oder ob es unangenehme und zum Teil lange Zeit dauernde Manipulationen ertragen muß, wie etwa Absaugen oder Punktionen.
Theoretisch kann man die " Störungen " in drei Gruppen einteilen, nämlich

1) diagnostische und therapeutische Maßnahmen durch das medizinische Personal z.B. Röntgen oder Punktionen. Diese Maßnahmen müssen häufig sofort vorgenommen werden.
2) Maßnahmen des Pflegepersonals, z.B. Wechseln der Windeln. Manchmal können mehrere solcher Maßnahmen gleichzeitig bzw. sofort hintereinander vorgenommen werden.
3) Sonstige Störungen, z.B. Besuch der Eltern oder eines Studentenkursus.

Die " Störungen " von Abbildung 1 (S.40) sind, so gruppiert, in Abbildung 2 (S.40) zusammengefaßt.

3.3. Verhaltensbeobachtung

Bei unseren Stimulationsversuchen, über die Hollenrieder (19) und Kierer (22) berichten, wurden das Cardiogramm (Schlag zu Schlag - Variabilität und Pulsniveau) und die Atmung fortlaufend aufgezeichnet und der " Aktivitätszustand ", die Vigilanz, alle 10 Sekunden registriert. Zweck dieser Vorstudie war es, das ergänzende Instrumentarium zu eruieren, womit Effekte der zusätzlichen akustischen Stimulation erkannt werden könnten, sowie herauszufinden, wie die akustische Stimulation am besten in den Tageslauf der Station einzubinden wäre. Vor allem aber sollte festgestellt werden, ob unerwünschte Nebenwirkung, z.B. Apnoeanfälle, vermehrte Unruhe oder Ernährungsschwierigkeiten, auftreten. Die akustische Stimulation mit Musik und Mutterstimme - der Versuchsplan wird von Hollenrieder (19) ausführlich dargestellt- wurde bei drei Frühgeborenen über insgesamt 58 Stunden durchgeführt. Vor, während und nach der Stimulation wurden die oben angeführten Parameter aufgezeichnet.

3.3.1. Prechtl-Schema

Bei der Beurteilung des Verhaltenszustandes der Kinder haben wir uns an das Schema von Prechtl und Beintema (39) gehalten, das sechs verschiedene " states " kennt: zwei " Schlafstadien " und vier " Wachzustände ":

1) Tiefer Schlaf; Augen geschlossen; regelmäßige Atmung; keine Bewegungen außer spontanen "startles " (Zusammenfahren).

2) Leichter Schlaf; Augen geschlossen; unregelmäßige Atmung; langsame, ungezielte Bewegungen (auch Saugbewegungen).

3) " Dösen "; Augen eventuell geöffnet, aber kein Fixieren; ungezielte Bewegungen.

4) Wach; Augen eventuell geöffnet; grobe Bewegungen.

5) Augen geöffnet und fixierend; gezielte Bewegungen.

6) Weinen; andere Zustände.

An den Verhaltensbeobachtungen nahmen drei Untersucher teil (im folgenden V., W. und N. genannt).
Im allgemeinen wurde die Beobachtung von einem Untersucher durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, daß möglichst jeder Untersucher bei jedem der drei Kinder diese gleich oft durchführte, d.h., Untersucher und untersuchtes Kind wurden nach einem Rotationsschema gewechselt.

3.3.2. Untersucher-Übereinstimmung

Um herauszufinden, wie weit die Beobachtungen übereinstimmten, wurde von zwei Untersuchern das Verhaltensmuster mehrfach gleichzeitig aufgezeichnet.
Die Zustandsbeobachtung wurde zunächst eine Woche lang gemeinsam geübt. Gleichzeitig wurde versucht, die maximale Beobachtungsdauer/- fähigkeit - in voller Konzentration - festzulegen. Unabhängig voneinander wurde festgestellt, daß die Beobachtungsdauer eine Stunde nicht überschreiten solle. Bei längerer Beobachtungsdauer ließ nämlich die Aufmerksamkeit deutlich nach.

Wir erhielten für Paar V./W. 1160, für Paar V./N. 940 und für Paar W./N. 927 Wertepaare. Daraus errechneten sich folgende Korrelationskoeffizienten: für Paar V./W. : r = 0,73 ;
für Paar V./N. : r = 0,85 ;
für Paar W./N. : r = 0,88 .

Für alle drei Beobachter ergibt sich somit ein durchschnittlicher Korrelationskoeffizient von r = 0,82 .

3.3.3. Untersuchungen zur Datendarstellung und -auswertung

Wenn man eine Stunde lang alle 10 Sekunden das Verhalten des Kindes aufzeichnet, ergeben sich 360 Einzelwerte. Als Reaktion auf einen Stimulus interessiert jedoch mehr die Aussage: Kind wird ruhiger/schläft bzw. Kind wird unruhiger/wacht auf, d.h. aus den Einzelwerten ist ein Verhaltensniveau für einen umschriebenen Zeitraum zu bilden.

In den Abbildungen 3 (S.41) und 4 (S.42) finden sich, als Beispiele, unter den Kurven der Einzelwerte eine Kurve der pro Minute zusammengefaßten sowie die über fünf Minuten gemittelten Werte mit den jeweiligen Streuungen (plus/minus SD). Man sieht, daß die Aggregierung einzelner Daten (vergleiche Tabelle 4a,b,c (Seite 43-46)) erwartungsgemäß zu einer Nivellierung führt. Jedoch geben die Fünf-Minuten-Werte mit Streuung die Variabilität des Verhaltens anschaulich wieder. Abbildung 3 (S.41) " zeigt " ein schlafendes Kind während der ersten 15 Minuten, das zunehmend aufwacht und unruhiger wird (nach etwa 35 Minuten), danach eher ruhig wach erscheint. Das Verhaltensmuster in Abbildung 4 (S.42) ist durch Wachsein in den ersten und letzten 15 Minuten und durch Ruhe/Schlaf dazwischen gekennzeichnet.
Eine andere Darstellung findet sich in den Abbildungen 5 (S.47) und 6 (S.48). Hier sind Häufigkeiten einzelner Zustände während Fünf-Minuten-Perioden aufgezeichnet. Auch aus diesen " dreidimensionalen " Bildern geht das Verhaltensspektrum der Kinder gut hervor, wobei einschränkend zu bemerken ist, daß in der Regel keine Normalverteilung vorliegt. Dies läßt sich über Mittelwerte und Streuung bzw. Median und Quartilen darstellen (Rosner und Doherty (45)). Für unsere Zwecke erscheinen Fünf-Minuten-Blöcke ausreichend. Eine andere Darstellungsmöglichkeit wäre, für definierte Zeitspannen Häufigkeitsspektren zu verwenden, wie sie jetzt moderne Monitore liefern. Dazu müßte das Verhaltensprofil in einen Computer, z.B. den Sirecust 425, eingelesen werden. Änderungen ließen sich mit einprogrammierten statistischen Tests verifizieren.

3.4. Diskussion der Ergebnisse

Zahlreiche und überwiegende Ruhe- und Schlafperioden kennzeichnen das Verhalten des Feten im letzten Schwangerschaftsdrittel (Nijhuis et al (33)) und von Frühgeborenen postnatal, sofern sie nicht wegen Erkrankung intensive medizinische Betreuung und Pflege benötigen. Kranke Frühgeborene werden oft gestört, und viele der Störungen sind schmerzhaft. Entsprechende Reaktionen sind nachweisbar (Owens (36)). Es sollte möglich sein, durch entsprechende organisatorische Maßnahmen unliebsame Störungen zeitlich zusammenzufassen, sodaß längere Ruhepausen zustandekommen. Die Ruheperioden können für (angenehm empfundene) sensorische Stimulation - Streicheln und Zureden - genützt werden.
Ruhe oder Irritation läßt sich am Verhalten des Kindes durch Beobachtung, am Herzschlag- und Atemmuster mittels Monitoren ablesen. Die Verhaltensbeobachtung ist eine subjektive Methode. Die an der Studie beteiligten drei Untersucher erreichten eine befriedigende Übereinstimmung ($r = 0,82$). Ähnliche Korrelationskoeffizienten ergaben sich bei anderen Studien (z.B. Brazelton (4)). Die Ergebnisse fallen umso besser aus, je länger die Erfahrung dauert. Die noch tolerable Beobachtungszeit von einer Stunde fanden auch andere (z.B. Brazelton (4)).
Das Verhalten, d.h. der neuromuskuläre Aktivitätszustand, gehört wie Puls und Atmung, zu den sich rasch ändernden Parametern. Wir wählten ein Zeitintervall von zehn Sekunden, nicht zuletzt deshalb, weil dies die Zeitkonstante der Trendanalyse des Sirecust 425 ist, der für die Aufzeichnung von Puls und Atmung benutzt wurde. Für die Bewertung des Effekts eines zeitlich anhaltenden Stimulus kommt es nicht so sehr auf einzelne Meßwerte an, als auf das Niveau und die Variabilität während einer bestimmten Periode unter Berücksichtigung kurzfristiger " pathologischer Ausreißer ". Im Cardiogramm wären dies Pulsniveau, Pulsvariabilität und Bradycardie, beim Verhalten : Kind ruhig, vorwiegend wach/schlafend, Kind unruhig.

4. Empfehlungen für weitere Studien

Die Auswirkungen des für Frühgeborene unnatürlichen Inkubatormilieus und die Möglichkeiten, das Milieu " physiologischer " zu gestalten, verdienen weiter untersucht zu werden. Änderungen erscheinen sinnvoll, bis " Reife " erreicht ist, was nach allgemeinem Verständnis mit etwa 37 Wochen p.m. gegeben ist.

Änderungen können betreffen :

Helligkeit: Man sollte prüfen, wie die Lichtintensität vermindert werden kann, ohne daß die Beobachtung der Kinder allzu sehr darunter leidet. Auf alle Fälle sollte versucht werden, ab etwa 35 Wochen p.m., in Anlehnung an den natürlichen Tagesablauf, Helligkeitswechsel, ca. 80 gegen 20 Lux, einzuplanen.

Manipulationen: Im Spektrum der " taktilen Erfahrungen " (Newman (32)) können die " schmerzhaften " und die " invasiven " Störungen durch geeignete organisatorische Maßnahmen reduziert bzw. zusammengelegt und die " nichtinvasiven " vermehrt werden, letzteres durch gesteigertes Einbinden der Eltern in die Pflege. In Betracht kommen Streicheln und passive Bewegungen der Extremitäten.

Lagerung: Es ist heute üblich, Frühgeborene auf " Fell " zu betten (für taktile Empfindungen bei Bewegung). Systematische vestibuläre Stimulationen sind bisher in die Routinemaßnahmen nicht eingeführt. Nach den Studienergebnissen von Korner et al (25) hat die Industrie Schaukelmatratzen hergestellt, die problemlos zu benützen sind, aber bislang kaum eingesetzt werden.

Geräusche: Das Hörumfeld im Inkubator beinhaltet ein intensives mechanisches Grundgeräusch und aufdringliche " technische " Geräusche störender Art, die biologische, " menschliche " Geräusche ausfiltern. Erstere wären zu mindern, letztere " anzureichern ". In Betracht kommen vor allem die vertraute Mutterstimme oder mütterlicher Herzschlag. Die Mutter soll mit ihrem Kind reden. Da sie das nicht über einen gewissen Höchstzeitraum hinaus kann, sollten Tonbandaufzeichnungen über Lautsprecher eingespielt werden.

4.1. Offene Fragen zu den ergänzenden sensorischen Stimulationen

Es muß geprüft werden, in welchem Gestationsalter eines Frühgeborenen begonnen werden sollte, wie lange man stimuliert und wann man damit aufhört, weil ein Kind eventuell sensible Perioden durchlebt, in denen es für bestimmte Stimulationen besonders aufnahmefähig ist und umgekehrt. Welches die beste Stimulationsform ist, muß ermittelt werden. Es scheint besser zu sein, multimodal als unimodal, z.B. Lagerung auf einer Schaukelmatratze und Vorspielen der Mutterstimme, zu stimulieren, weil multimodale Stimulationen vermutlich nicht einfach additive, sondern potenzierende Auswirkungen haben. Periodische Stimulationen z.B. nach jeder vom Kind als unangenehm empfundenen Manipulation für jeweils 30 Minuten, scheinen vorteilhafter als kontinuierliche Stimulationen zu sein.
Die Lautstärke der ergänzenden akustischen Stimulation sollte dem Geräuschpegel im Intensivpflegeraum angepaßt sein (gleich oder geringfügig lauter).
Ungeklärt ist die Frage, ob durch eine ergänzende sensorische Stimulation ein Kind geweckt oder beruhigt werden sollte. Es könnte so sein, daß unreife Frühgeborene eher beruhigt werden sollten, während Kinder, die sich dem " normalen " Geburtstermin nähern, eher geweckt werden sollten.
Die Ontogenese des Hörens zwischen 20 und 40 Wochen Gestationsalter ist weitgehend ungeklärt (Nöcker-Ribaupierre (34)).
Zu klären ist: wie entwickeln sich Hörspektrum und Hörschwellen ? Ab wann hört das Kind über Luftleitung ? Wie oft und wie lange soll täglich stimuliert werden ? Sind hohe, " exzitatorische " oder tiefe, " beruhigende " Frequenzbereiche besser ? Tritt mit der Reifung eine Änderung ein ? Wie kann man den Effekt messen ?
Die Auswirkungen der dauernden sensorischen Stimulation der extrauterinen Umgebung wie Licht, Geräusche usw. sollten überprüft werden, weil unbekannt ist, ob sich Frühgeborene an diese konstanten Stimulationen gewöhnen und ob die ergänzenden Stimulationen durch sie beeinflußt werden.

4.2. Prüfung des Effekts von Milieuänderungen

Änderungen der Umwelt kann man an kurz-, mittel- und langfristigen Reaktionen und Folgen messen. Für die Prüfung des kurzfristigen Effekts der Stimulation kann diese selbst kurzfristig sein oder sich über Minuten oder Stunden erstrecken. Den kurzfristigen Effekt kurzdauernder Stimuli kann man anhand evozierter EEG-Potentiale messen - eine Möglichkeit, um " das System " zu charakterisieren.
Für etwas länger anhaltende Stimulationen kommen alle Reize mit Intervallcharakter in Betracht, wie Mutterstimme, Schaukeln, Berührungen oder " Gymnastik ". Biologische Meßgrößen können sein: EEG-, Herzschlag- und Atemmuster, Blutdruckverhalten, Aktivitätsverhalten (Vigilanzmuster) und die transkutan gemessene PO2- und PCO2-Spannung, wobei " Normalität" erwünscht ist.
Bei den mittelfristigen Auswirkungen kann man als Summe der " Normalität " das körperliche Gedeihen, die (geringere) Häufigkeit von Apnoe- / Bradycardieanfällen, die physiologische Entwicklung des Schlaf-Wach-Rhythmus (im EEG) und die Dauer des Klinikaufenthaltes heranziehen.
Soweit die langfristige Entwicklung kognitiver bzw. mentaler Fähigkeiten geprüft werden soll, ist wie bereits dargelegt, die Objektivierung des Effekts perinataler Milieuauswirkungen schwierig, da viele andere Einflüsse interferieren. In Tabelle (5) sind mögliche Untersuchungen zusammengefaßt.

Tabelle 5 : Milieuänderungen und die Möglichkeiten, den Effekt spezifischer Reize zu prüfen

Parameter	Evozierte Potentiale	Beobachtungen kurz-	mittel-	langfristig
Helligkeits-wechsel	Licht +	-	+	+ Visus
Temperatur-stabilität	-	+	+	-
" Gymnastik "	-	-	+	(+) ?
Lagewechsel (Schaukeln)	+	+	+	(+) ?
taktile Reize (Streicheln)	+	+	+	(+) ?
biologische Geräusche	+	+	+	(+) ?

4.3. Untersuchungsplanung

Zur Prüfung des Effekts von Milieuänderungen sind kontrollierte Studien erforderlich. Dazu gehören Randomisierung und Standardisierung und sorgfältige Überwachung von diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen. Insbesondere müssen alle zustandsbeeinflußenden Medikamente dokumentiert werden. Randomisierung beinhaltet Gruppen vergleichbarer Tragzeit, Geburtsgewichte und neonataler Morbidität. An Zwillinge sollte bevorzugt gedacht werden. Die Randomisierung kann problematisch sein, denn Helligkeits- und externe Geräuschunterschiede sind für einzelne Patienten in einer Pflegeeinheit kaum zu realisieren. Als Ausweg bieten sich wechselnde Studienperioden an, die allerdings die Aussage merklich einschränken. Es versteht sich, daß die unterschiedlichen Milieubedingungen von Licht, Geräuschen, Bewegungsübungen, taktilen Reizen vorab festzulegen und ständig zu kontrollieren sind.
Randomisierung ist möglich bei den individuell einfacher zu organisierenden Maßnahmen, wobei vor allem zusätzliche Stimulationen in Frage kommen. Die übrigen Bedingungen sind zu standardisieren und über die Studiendauer gleich zu halten. Der Effekt einzelner oder kombinierter Stimulationsprogramme kann an mittelfristigen Parametern bzw. Verlaufsgrößen getestet werden.
Bei der Prüfung von Kurzzeiteffekten kann man dasselbe Kind als seine Kontrolle betrachten, wenn man die biologischen Funktionsgrößen vor, während und nach einer Stimulation aufzeichnet. Um Zufallsänderungen auszuschließen, empfiehlt es sich, die Untersuchungen am nächsten Tag zur gleichen Zeit ohne Stimulation zu wiederholen. Die Untersuchungen sollten zur gleichen Tageszeit zwischen zwei Mahlzeiten vorgenommen werden. Longitudinal durchgeführt eignet sich dieses Vorgehen zur Beobachtung reifebedingter Änderungen.

5. Zusammenfassung

Frühgeborene kommen für die Zeit des Tragzeitdefizits in eine für ihren Entwicklungszustand unnatürliche Umgebung. Diese ist reich an intrauterin nicht vorhandenen Reizen, wie Licht, abrupten Temperaturschwankungen, schmerzlichen Berührungen und arm an intrauterin vorherrschenden Reizen, wie spezifischen Geräuschen und aktivem und passivem Lagewechsel. Ersteres kann Überstimulation, letzteres Deprivation bedeuten. Für beides sind unerwünschte Nebenwirkungen bekannt. Die Literaturübersicht und -analyse ergibt ferner, daß bisher kaum umfassende Milieustudien durchgeführt worden sind, insbesondere im Deprivationsbereich. Man kann aus dem derzeitigen Erkenntnisstand jedoch ableiten, daß, wie zu erwarten, akustische, vestibuläre und taktile Stimulationsanreicherung für die Zeit, die eigentlich intrauterin zugebracht würde, sinnvoll ist, während unphysiologische Überreizung nach Möglichkeit abzubauen ist. Eigene Beobachtungen haben gezeigt, daß es sich bei der " Lärmbelästigung " im Inkubator vorwiegend um ein " technisches " Geräuschspektrum aus der Umgebung handelt und daß unliebsame Störungen durch die Pflege mit besserer Organisation vermindert werden können.
Die Frage, wie man den Effekt von, dem Wesen nach subtilen, Milieuänderungen prüft, ist bisher nicht geklärt. In Betracht kommen kurz- und mittelfristige Änderungen biologischer Größen, wie Herzfrequenz- und Atmungsverhalten (Häufigkeiten von Bradycardien und Apnoen), sowie Gedeihen und " Befindlichkeit ", die von Verhaltensbeobachtungen abgeleitet werden kann. Wir haben letzteres anhand einer Vigilanzskala von Prechtl (39) anzuwenden versucht, und die Beobachtungsübereinstimmung von drei Untersuchern ($r = 0,82$) war befriedigend. Für die statistische Auswertung erscheinen, wie dargelegt wird, das über eine Zeit von fünf bzw. fünfzehn Minuten gemittelte " Niveau " mit Variabilität (Varianz) oder Histogramme am besten geeignet; dazu sollte ein Datenverarbeitungssystem benutzt werden. Aus Literaturangaben und eigenen Beobachtungen wurden abschließend Empfehlungen für weitere Stimulationsstudien entwickelt.

Literaturverzeichnis

1. BARLOW, H.B. (1975) :
Visual experience and cortical development. Nature (London), 258, 199 - 204.

2. BARNARD, K.E. (1978) :
The effect of stimulation on the duration and amount of sleep and wakefullness in the premature infant. Doctoral dissertation, University of Washington.

3. BLAKEMORE, C., IVERSEN, S.D., ZANGWILL, O.L. (1972) :
Brain functions. Ann. Rev. Psychol. 23,413 - 456.

4. BRAZELTON, T.B. (1973) :
Neonatal behavioral assessment scale. Clinics in Developmental Medicine No. 50.

5. CREUTZFELD, O.D., HEGGELUNG, P. (1975) :
Neural plasticity in visual cortex of adult cats after exposure to visual patterns. Science, 188, 1025 - 1026.

6. CUMMINS, R.A., LIVERSEY, P.J. (1979) :
Enrichment, isolation, cortex length and rank order effect. Brain Res., 178, 89 - 98.

7. DOUEK, E., BANNISTER, L.H., DODSON, H.C., ASHCROFT, P., HUMPHRIES, K.N. (1976) :
Effects of incubator noise on the cochlea of the newborn. The Lancet 20, 1110 - 1113.

8. FIELD, T., STRINGER, S., ANDERSON - SHANKLIN, G., IGNATOFF, E. (1979) :
Effects of nonnutritive sucking on preterm infants. (Zit. nach Field (9)).

9. FIELD, T. (1980) :
Supplemental stimulation of preterm neonates. Early Human Development, 1980, 301 - 314.

10. FLOETER, M.K., GREENOUGH, W.T. (1979) :
Cerebellar plasticity: modification of Purkinje cell structure by differential rearing in monkeys. Science, 206, 227 - 229.

11. FREEMAN, E. (1969) :
The effects of interpersonal stimulation on growth and development of prenature infants. Doctoral dissertation, University of Florida.

12. GABRIEL, M., GROTE, B., JONAS, M. (1981) :
Sleep-wake pattern in preterm infants under two different care shedules during four-day polygraphic recording. Neuropediatrics, 12, 366 - 373.

13. GLASS, J.D. (1979) :
Neural activity from motor cortex in visuobehavioral deprivation. Exp. Neurol., 65, 131 - 144.

14. GLASS, J.D., AVERY, G.B., SUBRAMANIAN, K.N.S., KEYS, M.P., SOSTEK, A.M., FRIENDLY, D.S. (1985) :
Effect on bright light in the hospital nursery on the incidence of retinopathy of prematurity. The New English Journal of Medicine, 313, 401 - 404.

15. GLEISS, J. (1971) :
Die Pflege Frühgeborener im Inkubator. Opitz, H. und Schmid, F. (Hrsg.): Handbuch der Kinderheilkunde I/2, 408 - 426, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

16. GOTTLIEB, G. (1973) :
Introduction of behavioral embryology. In: studies on the development of behavior and the nervous system, Vol. 1, Behavioral Embryology, pp. 3 - 45. Editor: G. Gottlieb, Academie Press, New York.

17. GROOM, G. (1973) :
Effects of perinatal factors and supplement stimulation of premature infants upon measures of cognitive behavior. Doctoral dissertation, Purdue University.

18. HASSELMEYER, E.G. (1964) :
The premature neonate`s response to handling. Am. Nurs. Assoc., 1, 15 - 24.

19. HOLLENRIEDER, V. (1986) :
Akustische Stimulation von Frühgeborenen. Inaugural-Dissertation, München.

20. JACOBSON, M. (1978) :
Developmental Neurobiology (2nd. edn.) Plenum Press, New York.

21. KATZ, V. (1971) :
Auditory stimulation and developmental behavior of the premature infant. Nurs. Res., 20, 196 - 201.

22. KIERER, W. (in Vorbereitung) :
Apnoen bei Frühgeborenen. Inaugural-Dissertation, München.

23. KORNER, A.F., KRAEMER, H.C., HAFFNER, M.E., COSPER, L.M. (1975) :
Effects of waterbed flotation on preterm infants : a pilot study, Pediatrics, 56, 361 - 367.

24. KORNER, A.F., GUILLEMINAULT, C., VAN DEN HOED, J., BALDWIN, R.B. (1978) :
Reduction of sleep apnea and bradycardia in preterm infants on oscillating waterbeds : a controlled polygraphic study. Pediatrics, 61, 528 - 533.

25. KORNER, A.F., SCHNEIDER, P. (1982) :
Effects of vestibular-proprioceptive stimulation on the neurobehavioral development of preterm infants : a pilot study, Neuropediatrics, 14, 170 - 175.

26. KRAMER, L.I., PIERPONT, .M.E. (1976) :
Rocking waterbeds and auditory stimuli to enhance growth of preterm infants. J.Pediatrics, 88, 297 - 299.

27. LALAMA, C. (1980) :
Untersuchungen zum Gedeihen schwerkranker Frühgeborener. Möglichkeiten und Grenzen der Energieversorgung nach der Geburt. Inaugural-Dissertation, München.

28. LAWSON, K., DAUM, C., TURKEWITZ, G. (1977) :
Environmental characteristics of a neonatal intensive care unit. Child Dev., 48, 1633 - 1639.

29. LAWSON, K.R., TURKEWITZ, G. (1986) :
Bright light and retinopathy of prematurity. The New English Journal of Medicine, 314, 448 - 449.

30. LUND, R.D. (1978) :
Development and plasticity of the brain. Oxford University Press, New York.

31. NEAL, M. (1968) :
Vestibular stimulation and developmental behavior of the small premature infant. Nurs. Res. Rep., 3, 2 - 5.

32. NEWMAN, L.F. (1981) :
Social and sensory environment of low birth infants in a special care nursery. The Journal of Nervous and Mental Disease, 169, 448 - 455.

33. NIJHUIS, J.G., PRECHTL, H.F.R., MARTIN, C.B., BOTS, Jr. and R.S.G.M. (1982) :
Are there behavioral states in the human fetus ? Early Human Development, 6, 177 - 195.

34. NÖCKER - RIBAUPIERRE, M. (1985) :
Ontogenese des Hörens und mögliche Konsequenzen für Entwicklungsförderung und Therapie. Vortrag 4. Internat. Kongr. für Musiktherapie, Heidelberg, 23.05.- 27.05.1985.

35. OPPENHEIM, R.W. (1976) :
The antecedents of integrated behavior from a neuroembryological perspective. Paper read at the 10th Int. Studygroup on Child Neurology and Cerebral Patsy. St.Emunds Hall, Oxford, 31/8 - 4/9.

36. OWENS, M.E. (1984) :
Pain in infancy : Neonatal reaction to a heel lance. Pain, 20, 77 - 86.

37. PARNAVELAS, J.G., BRADFORD, R., MOUNTY, E.J., LIEBERMAN, A.R. (1978) :
The development of nonpyramidal neurons in the visual cortex of the rat. Anat. Embryolo., 155, 1 - 14.

38. PORTER, C.S., ANDERSON - SHANKLIN, G.C. (1979) :
Nonnutritive sucking during tube feedings: effect upon clinical course in premature infants. (zitiert nach Field (9)).

39. PRECHTL, H., BEINTEMA, D. (1964) :
The neurological examination of the full-term newborn infant. Clinics in Developmental Medicine, No. 12, London: Spastics Society with Heinemann Medical.

40. PYSH, J.J., WEISS, G.M. (1979) :
Exercise during development induces an increase in Purkinje cell dendritic tree size. Science, 206, 230 - 232.

41. RICE, R. (1977) :
Neurophysiological development in premature infants following stimulation. Dev. Psychol., 13, 69 - 76.

42. RIEGEL, K. (1984) :
Neonatologie. Münchener Medizinische Wochenschrift, 126, 830 - 831.

43. ROSE, S.A., BRIDGER, W.H. (1979) :
Enhancing visual recognition memory in preterm infants. Paper presented at SRCD Meetings, San Francisco.

44. ROSENZWEIG, M.R., BENNETT, E.L., DIAMOND, M.C., WU, S.-Y., SLANGLE, R.W., SAFFRAN, E. (1969) :
Influence of environmental complexity and visual stimualtion on development of occipital cortex in rat. Brain Res., 14, 427 - 445.

45. ROSNER, B.S., DOHERTY, N.E. (1979) :
The response of neonates to intra-uterine. Develop. Med. Child Neurol., 21, 723 - 729.

46. SCARR-SALAPATEK, S., WILLIAMS, M.L. (1975) :
The effects of early stimulation on low-birth weight infants. Child Dev., 44, 94 - 101.

47. SCHULTE, F.J., STENNERT, E. (1978) :
Hearing defects in preterm infants. Archives of Disease in Childhood, 53, 269 - 270.

48. SEGALL, M. (1972) :
Cardiac responsivity to auditory stimulation in preterm infants. Nurs. Res., 21, 15 - 19.

49. SOLKOFF, N., YAFFE, S., WEINTRAUB, D., BLASE, B. (1969) :
Effects of handling on the subsequent development of premature infants. Dev. Psychol., 1, 765 - 768.

50. SOLKOFF, N., MATUSZAK, D. (1975) :
Tactile stimulation and behavioral development among low birthweight infants. Child Psychiat. Hum. Dev., 6, 33 - 37.

51. TOUWEN, B.C.L. (1980) :
The preterm infant in the extrauterine environment. Implications for neurology. Early Human Development, 4/3, 287 - 300.

52. TUCK, S.J., MONIN, P., DUVIVIER, C., MAY, T.,
VERT, P. (1982) :
Effect of a rocking bed on apnoea of prematurity. Archives of Disease in Childhood 57:6, British Med. Ass..

53. WHITE, J., LABARBA, R. (1976) :
The effects of tactile and kinesthetic stimulation on neonatal development in the premature infant. Dev. Psychobiol., 9, 569 - 577.

Tabelle 1 : Tabellarische Übersicht von Stimulationsstudien an Frühgeborenen. Es bedeutet / Zunahme (Verbesserung) und / Abnahme (Verbesserung).

Kinder N	Tragzeit (GA)	Alter (Experimentierdauer)	Stimulus	Ergebnisse (gegenüber Kontrollen)	Literatur
1) Auditorische Stimulation					
62	ab 32 Wochen	5 Tg (bis 36 Wo. GA)	Mutterstimme 6x5min/Tg.	Reifung ↗ (Graham-Rosenblith-Score) a) motorisch-taktil b) Hör- und Sehfunktionen c) Muskeltonus	Katz (21)
60	ab 30 Wochen	(bis 36 Wo. GA)	Mutterstimme 30min/Tg.	Herzschlaghabituation ↗ Aufmerksamkeit gegenüber unbekannten Stimmen	Segall (48)
2) Taktile-kinästhetische Stimulation					
40	30 - 34 Wo.	(bis 8 Wochen)	nichtnutritives Saugen nach Sondierung	Gewicht ↗, Sondierung ↗ Reifung (Brazelton) ↗, Aufenthalt ↙	Field et al (8)
24	1000 - 2000 g	(0 - 10 Tage)	5 min "Gymnastik"/Std.	respiratorische Probleme ↙, Gewicht ↗	Freeman (11)

Kinder N Tragzeit (GA)	Alter (Experimentierdauer)	Stimulus	Ergebnisse (gegnüber Kontrollen)	Literatur
16 33 - 34 Wo.	(4 Tage)	" Pflege "	mehr Ruhephasen (EEG) bei weniger Störungen	Gabriel et al (12)
60 1500 - 2000g	7 - 21 Tage	260 min "Gymnastik"/Tg.	ruhiger	Hasselmeyer (18)
21 28 - 34 Wo.	6 - 13 Tage	Schaukelmatratze	Apnoen ↓	Korner et al (23)
8 27 - 32 Wo.	7 - 28 Tage	Wasserbett	Apnoen ↓, Bradycardien ↓	Korner et al (24)
62 28 - 32 Wo.	5 Tg.(bis 36 Wo.)	Schaukelbett	Gewicht ↑,Reifung (Grah.-Rosenbl.)↑	Neal (31)
59 28 - 34 Wo.	(bis Trinken)	NNSaugen 5 min nach Sondieren	Trinken ↑,Gewicht ↑,Aufenthalt ↓	Porter (38)
32 1000 - 2000g	3 Tg (bis Geb-Gew.)	Handling 2x20min/Tg.	Gewicht ↑,Reifung (Bayley) mit 3 Monaten ↑	Rice (41)
10 28 - 37 Wo.	14 - 24 Tage	7,5min "Gymn."/Std. bis 16 Std/Tg	Reifung (Brazelton) ↑	Solkoff (50)
10 1000 - 1500g	(10 Tage)	5 min "Gymn."/Std.	Gewicht ↑,Schreien ↓, 8 Mon: Reifung (Bayley) ↑	Solkoff et al (49)
32 26 - 32 Wo.	2 - 45 Tage	Schaukelbett	Apnoen ↓	Tuck et al (52)
48 1000 - 2000g	1 - 10 Tage	5 min "Gymn."/Std., nach Fütterung	Nahrungsaufnahme ↑, Gewicht ↑	White et al (53)

Kinder N	Tragzeit (GA)	Alter (Experimentierdauer)	Stimulus	Ergebnisse (gegenüber Kontrollen)	Literatur
3) Multimodale Stimulation -					
15	28 - 32 Wo.	(bis 33 - 34 Wo.)	Schaukeln und Herzschlag d.Mutter 15 min/Std. für 14 Tage	ruhiger Schlaf ↗, Gewicht ↗, Reifung (Dubowitz) ↗	Barnard (2)
60	36 Wochen	(8 Monate)	Sensomotorische "Übungen"	Gewicht u. Länge (4 Mon) ↗ Reifung (Denver & Bayley) ↗	Field et al (9)
37	27 - 36 Wo.	(1 - 4 Wo.)	"Gymn:",Streicheln 60 - 90 min/Tg.	Gewicht u. Kopfumfang ↗ mit 42 Wo.	Groom (17)
20	34 Wochen	2-7 Tg(Inkubatorzeit)	Schaukeln u. Herzschlag 8 x 1 Std.	Gewicht und Kopfumfang ↗	Kramer (26)
54	33 Wochen	(4 - 7 Wo.)	Massage,Schaukeln,Anreden 3 x 20 min/Tag	+/- mit 6 Monaten	Rose (43)
30	1800 g	7 Tg (bis Entlassung)	Streicheln, Schaukeln, Anreden	4 Wo: Gewicht ↗, Reifung (Brazelton)↗ 1 Jahr: Reifung (Cattell) ↗	Scarr-Salapatek et al (46)

Tabelle 3 : Häufigkeit der " Störungen " der Kinder H.K. und M.J. während 30 Stunden.

Tag	Kind	Zeit	Anzahl der " Störungen "
1.	H.K.	8.00-14.00	12
		14.00-20.00	7
	M.J.	8.00-14.00	11
		14.00-20.00	11
2.	H.K.	8.00-14.00	5
		14.00-20.00	13
	M.J.	8.00-14.00	6
		14.00-20.00	8
3.	H.K.	8.00-14.00	8
	M.J.	8.00-14.00	11

Abbildung 1 und 2: Darstellung der Art und des Zeitpunktes von Störungen des Kindes H.K. während drei Tagen

Es bedeuten ● 1.Tag
x 2.Tag
o 3.Tag

Abbildung 1

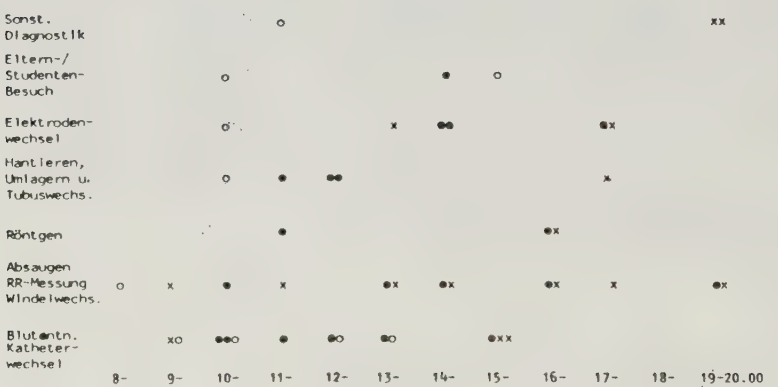
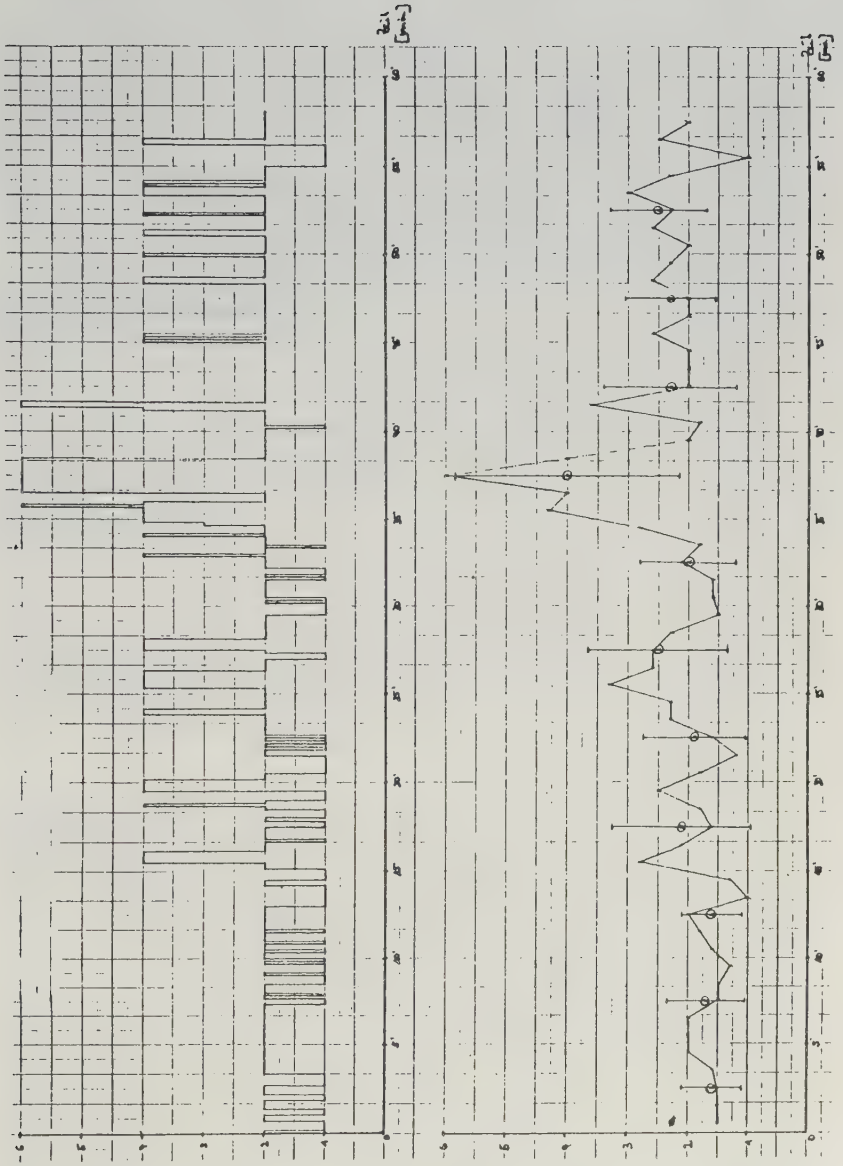


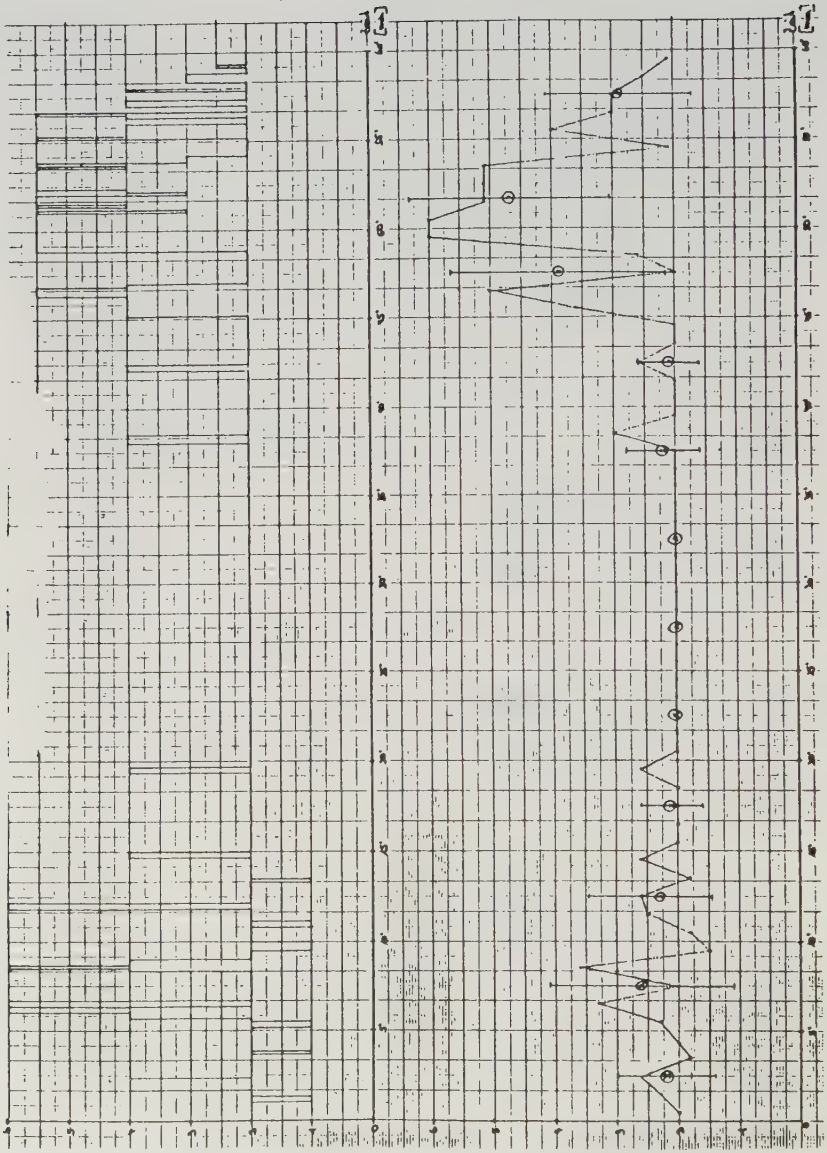
Abbildung 2

Abbildung 3



Kurve der Einzelwerte des Verhaltens des Kindes "A" während einer Stunde und darunter die Kurve der pro Minute zusammengefaßten sowie die über fünf Minuten gemittelten Werte mit den jeweiligen Streuungen

Abbildung 4



Kurve der Einzelwerte des Verhaltens des Kindes "B"während einer Stunde und darunter die Kurve der pro Minute zusammengefaßten sowie die über fünf Minuten gemittelten Werte mit den jeweiligen Streuungen

Tabelle 4 a und b :

Einzelbeobachtungen des Verhaltens nach Prechtl von zwei Kindern (im folgenden Kind " A " und " B " genannt) mit Mittelwertbildung pro Minute und, in Tabelle 4 c, pro fünf Minuten mit mittlerer Streuung der Einzelwerte.

Tabelle 4 a (Kind " A ") :

2	2	2	1	4	2	1	4	2	4	2	1
1	2	2	2	2	2	2	4	1	2	2	1
1	2	1	2	2	4	1	4	2	4	2	1
1	2	2	4	1	4	2	4	2	2	2	1
2	2	2	4	1	4	2	6	2	2	2	1
2	2	1	4	1	4	2	4	2	2	2	1
1,5	2,0	1,6	2,8	1,8	3,3	1,6	4,3	1,8	2,6	2,0	1,0
1	2	2	4	1	4	2	2	2	2	4	1
1	2	2	2	1	4	2	2	4	2	4	4
2	2	2	2	1	2	2	2	6	2	2	4
2	2	1	2	2	2	1	6	6	2	2	2
2	2	2	1	2	2	2	6	2	2	2	2
1	2	2	2	1	2	1	6	2	2	2	2
1,5	2,0	1,8	2,1	1,3	2,6	1,6	4,0	3,6	2,0	2,6	2,5
1	2	2	2	2	1	1	6	2	2	2	2
2	2	2	2	1	1	2	6	2	2	4	2
2	1	2	2	2	2	2	6	2	2	2	2
2	1	2	1	1	4	2	6	2	2	2	2
1	2	2	1	2	4	2	6	2	2	2	2
1	1	2	2	2	4	4	6	2	2	2	2
1,5	1,5	2,0	1,6	1,6	2,6	2,1	6,0	2,0	2,0	2,3	2,0
1	2	1	1	2	4	2	6	2	2	2	
1	2	1	1	2	2	2	6	2	2	2	
2	2	1	1	2	2	1	6	2	4	4	
2	1	1	2	2	2	2	2	2	4	4	
2	1	1	4	2	2	2	2	2	2	4	
2	1	1	2	4	2	2	2	2	2	2	
1,6	1,5	1,0	1,8	2,3	2,3	1,8	4,0	2,0	2,6	3,0	
2	2	1	1	4	2	4	2	2	2	4	
2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	
2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	
2	1	1	4	2	1	2	2	2	2	2	
2	2	1	4	2	1	3	2	2	2	2	
2	1	1	4	2	1	4	2	2	4	2	
2,0	1,3	1,3	2,5	2,3	1,5	2,8	2,0	2,0	2,3	2,3	

Tabelle 4 b (Kind " B ") :

2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	2
2	1	2	2	2	2	2	2	2	4	6	6
2	1	2	2	2	2	2	2	2	4	6	4
2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	6	4
2	4	2	2	2	2	2	2	2	4	6	4
2	4	1	2	2	2	2	2	2	4	6	4
2,0	2,3	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,6	6,0	4,0
1	6	1	2	2	2	2	2	2	4	3	2
1	6	2	2	2	2	2	2	2	4	6	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	4	4
2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6
4	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	2
4	2	6	2	2	2	2	2	2	4	6	2
2,3	3,3	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	5,0	5,1	3,0
4	2	6	2	2	2	2	2	2	2	3	4
4	2	2	2	2	2	2	2	4	2	4	4
2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	6	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	4
2,6	2,0	2,6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,6	2,0	5,1	3,0
2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	6	2
2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	6	2
2	4	1	2	2	2	2	4	2	2	6	3
2	6	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3
1	4	2	2	2	2	2	2	2	2	6	3
2	4	2	2	2	2	2	2	2	6	3	2
1,8	3,6	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,6	5,1	2,5
2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	3	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	2	3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	2	2
2	1	2	4	2	2	2	2	2	6	2	2
2	1	4	2	2	2	2	2	2	6	2	2
2	1	4	2	2	2	2	2	2	6	2	2
2,0	1,5	2,6	2,6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	6,0	2,1	2,1

Tabelle 4 c (Kind " A ") :

1.)	$\bar{x}$ = 1,6	s = 0,48
2.)	$\bar{x}$ = 1,7	s = 0,67
3.)	$\bar{x}$ = 1,6	s = 0,50
4.)	$\bar{x}$ = 2,1	s = 1,18
5.)	$\bar{x}$ = 1,9	s = 0,84
6.)	$\bar{x}$ = 2,5	s = 1,13
7.)	$\bar{x}$ = 2,0	s = 0,80
8.)	$\bar{x}$ = 4,0	s = 1,85
9.)	$\bar{x}$ = 2,3	s = 1,08
10.)	$\bar{x}$ = 2,3	s = 0,75
11.)	$\bar{x}$ = 2,5	s = 0,81

Tabelle 4 c (Kind " B ") :

1.)	$\bar{x}$ = 2,2	s = 0,78
2.)	$\bar{x}$ = 2,6	s = 1,47
3.)	$\bar{x}$ = 2,3	s = 1,17
4.)	$\bar{x}$ = 2,1	s = 0,50
5.)	$\bar{x}$ = 2,0	s = 0,00
6.)	$\bar{x}$ = 2,0	s = 0,00
7.)	$\bar{x}$ = 2,0	s = 0,00
8.)	$\bar{x}$ = 2,2	s = 0,61
9.)	$\bar{x}$ = 2,1	s = 0,50
10.)	$\bar{x}$ = 3,9	s = 1,73
11.)	$\bar{x}$ = 4,7	s = 1,65
12.)	$\bar{x}$ = 2,9	s = 1,19

Abbildung 5: Häufigkeiten (Ordinate) einzelner Verhaltenszustände (Abszisse) des Kindes "A" während Fünf-Minuten-Perioden

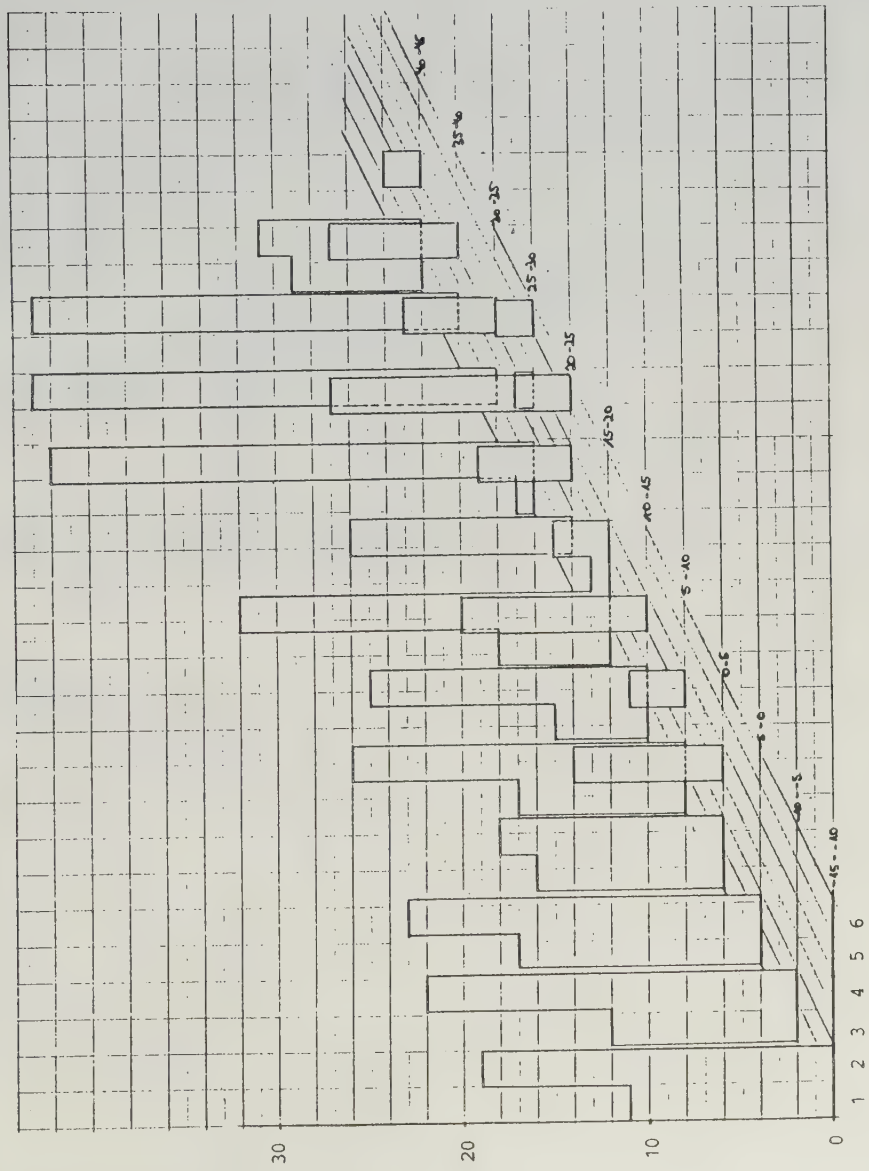
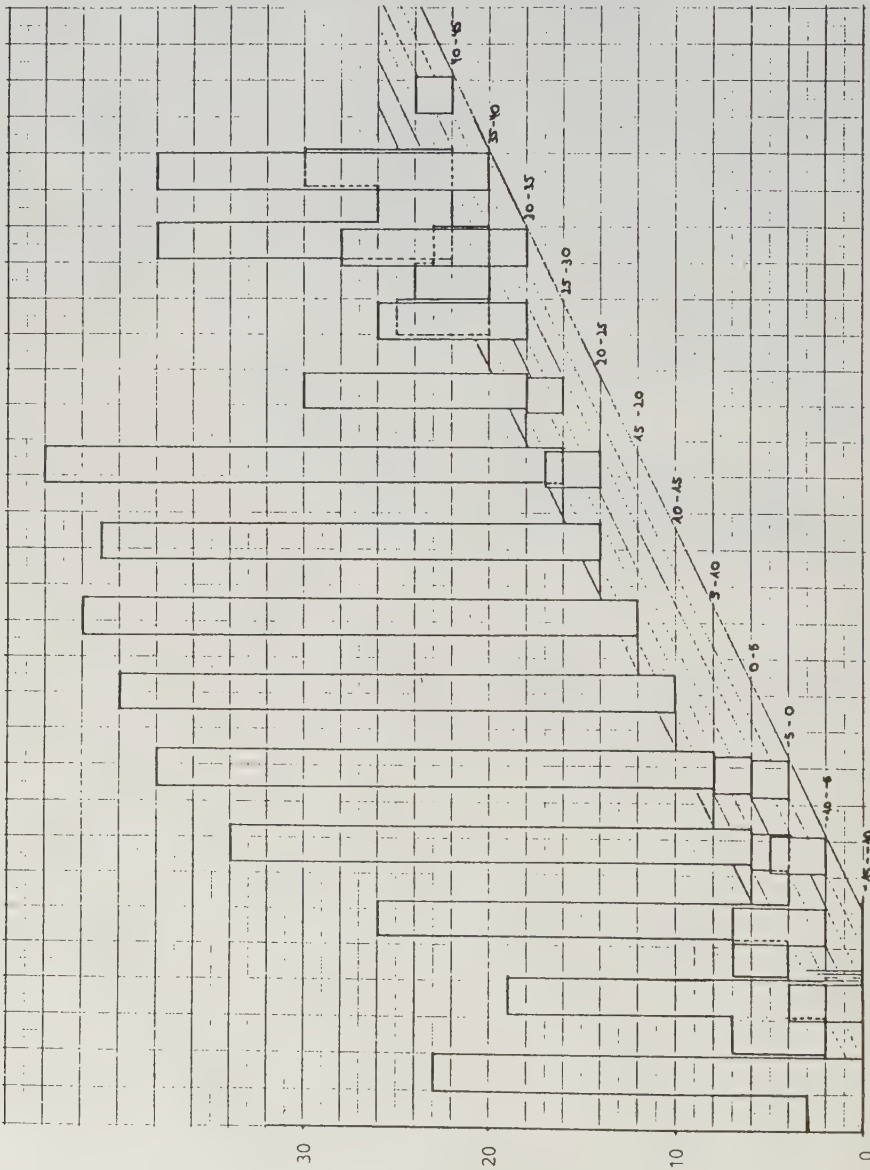


Abbildung 6: Häufigkeiten (Ordinate) einzelner Verhaltenszustände (Abszisse) des Kindes "B" während 5-Minuten-Perioden



Lebenslauf

Norbert Ketteler, geboren am 07.01.1949 in Bottrop als viertes von fünf Kindern der Eheleute Dr. jur. Paul Ketteler und seiner Frau Maria, geborene Wiese.

1955 - 1959	Besuch der Volksschule, Bottrop
1959 - 1967	Besuch des Städtischen Jungengymnasiums, Bottrop
1967	Erlangung der allgemeinen Hochschulreife
1967 - 1968	Studium der Physik und Chemie an der Westfälischen Wilhelms - Universität, Münster
1968 - 1970	Tätigkeit als Apothekerpraktikant in der Glückauf-Apotheke, Bottrop
1970 - 1973	Tätigkeit als vorgeprüfter Apotheker
1973 - 1978	Studium der Pharmazie an der Philipps - Universität, Marburg
1978 - 1979	Tätigkeit als Apothekerassisstent
1979	Beginn des Studiums der Medizin an der Ludwig - Maximilians - Universität, München
1982	Ärztliche Vorprüfung
1983	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
1985	Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
1986	Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

Die vorliegende Dissertation wurde im Oktober 1982 begonnen und im Mai 1986 abgeschlossen.